

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 598/94

(51) Int.Cl.⁶ : H01Q 3/36

(22) Anmelddatum: 22. 3.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1998

(45) Ausgabedatum: 26. 7.1999

(56) Entgegenhaltungen:

US 4578680A US 4555706A US 4516132A
Y. YAMADA U. M. KIJIMA: "LOW SIDELOBE AND TILTED BEAM
BASE-STATION ANTENNAS FOR SMALLER-CELL SYSTEMS", IEEE
ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY, A-P-S INTERNATIONAL
SYMPOSIUM 1989, VOL. 1, PP. 138-141

(73) Patentinhaber:

FUHL JOSEF DIPL.ING. MAG.
A-1040 WIEN (AT).
BONEK ERNST DIPLO.ING. DR.
A-1040 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

FUHL JOSEF DIPLO.ING. MAG.
WIEN (AT).
BONEK ERNST DIPLO.ING. DR.
WIEN (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ABSENKUNG DES VERTIKALEN RICHTDIAGRAMMS EINER SENDE- UND/ODER
EMPFANGSANTENNE FÜR DEN MOBILFUNK

(57) Die Vorrichtung zur Absenkung des vertikalen Richtdiagramms einer Sende- und/oder Empfangsantenne besteht aus einer Antennengruppe (im Ausführungsbeispiel bestehend aus den Elementen 10, 11, 12, 13 und 14) versehen mit einer Schaltung zur Formung der Richtcharakteristik, bestehend aus den Phasenschiebern 20, 21, 22, 23 sowie 25, 26, 27, 28 und dem Leistungsteiler 30. Die Phasenschieber 20, 21, 22, 23 dienen zur Grundeinstellung des gewünschten Richtdiagramms, während die Phasenschieber 25, 26, 27, 28 zur Aufprägung von Phasenverschiebungen zur Absenkung des Richtdiagramms vorgesehen sind. Die Absenkung des vertikalen Richtdiagramms erfolgt sowohl durch Schrägstellung der Einzelemente bezüglich der Gruppenachse um einen für alle Elemente gleichen Winkel δ_y (Veränderung der Richtcharakteristik des Einzelelements) bei unveränderter Lage der Gruppenachse als auch durch Veränderung der Phasenverschiebung der Anspeiseströme (Änderung der Gruppencharakteristik). Dieses Verfahren kombiniert die Vorteile der elektrischen (Flexibilität, Erhaltung der Richtdiagrammeigenschaften) mit denen der mechanischen Absenkung (Frequenzunabhängigkeit), vermeidet jedoch deren Nachteile. Dadurch ist es möglich, auch kleine Antennen (wenige Elemente) oder dünn besetzte große Antennen in der Mobilkommunikation einzusetzen.

B
AT 405 348

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Absenkung des vertikalen Richtdiagramms einer Sende- und/oder Empfangsantenne für die Mobilkommunikation, bestehend aus einer phasengesteuerten Antennengruppe versehen mit einer Schaltung zur Formung der Richtcharakteristik.

Antennen sind ein wesentliches Element der Funkübertragungsstrecke, insbesondere in der Mobilkommunikation. Derzeitige Mobilkommunikationssysteme, wie sie z. B. von G. W. Lorenz in *Vergleich der digitalen Mobilfunksysteme in Europa (GSM) und in Japan (JDC) unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeitsaspekte, Der Fernmeldeingenieur, Januar/Februar 1993, Seite 38–44*, beschrieben werden, verwenden Basisstationsantennen, deren Richtdiagramm mechanisch oder mechanisch und elektrisch oder rein elektrisch abgesenkt werden kann.

10 Die der Absenkung zugrundeliegende Idee ergibt sich aus

$$G(\theta, \phi) = f(\theta, \phi) \cdot F(\theta, \phi), \quad (1)$$

wobei $G(\theta, \phi)$ die Richtcharakteristik (Gewinnfunktion) der Antennengruppe, $f(\theta, \phi)$ die Richtcharakteristik des Einzelelements und $F(\theta, \phi)$ die Gruppencharakteristik der Antennengruppe ist (dieses Prinzip der Diagrammmultiplikation ist z.B. in R. E. Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw-Hill 1985, Seite 107–109, beschrieben).

Zur Veränderung der Richtcharakteristik (Verschiebung des Maximums) wird bei derzeitigen Antennen ausschließlich von einem der multiplikativen Parameter, nämlich der Gruppencharakteristik $F(\theta, \phi)$, Gebrauch gemacht. Der Grund dafür liegt darin, daß die Gruppencharakteristik einen weitaus größeren Einfluß auf das Richtdiagramm der Antennengruppe ausübt als die Richtcharakteristik des Einzelelements.

Optimierungen des Richtdiagramms von Gruppenantennen, wie z. B. des Vor-Rück-Verhältnisses, können auch durch rein mechanisch-konstruktive Maßnahmen wie in der US-Patentschrift Nr. 4 516 132 (Bond, 5 Seiten) erzielt werden.

25 Zur Absenkung des vertikalen Richtdiagramms stehen im allgemeinen drei Methoden zur Verfügung:

- 1) elektrische Absenkung
- 2) mechanische Schwenkung der Gesamtanordnung
- 3) aus 1) und 2) kombinierte Verfahren

ad 1) Bei elektrischer Absenkung des vertikalen Richtdiagramms werden die Phasen der einzelnen Speiseströme so verändert, daß das Maximum von $F(\theta, \phi)$ in einer anderen Raumrichtung zu liegen kommt, was zu einer Veränderung der Richtcharakteristik führt. Die Nachteile dieses Verfahrens liegen vor allem in den folgenden Punkten begründet:

- a) Zunehmende Verbreiterung der Haupkeule bei Absenkung und damit verbundene Gewinnminderung.
- b) Auftreten zusätzlicher unerwünschter Nebenkeulen, "grating lobes", die aufgrund der Periodizität der Gruppencharakteristik bei einer Verschiebung derselben ins Gesichtsfeld der Antenne rücken und damit Leistungsverlust (Gewinnminderung) und zusätzliche Störungen für Nachbarzellen im digitalen Mobilfunk im Sendebetrieb bzw. ein verminderter Signal-zu-Geräusch-Verhältnis(SRV) und ein verringertes S/I (signal to interference ratio, C/I (carrier-to-interference-ratio)) im Empfangsbetrieb bewirken.
- c) Mit zunehmendem Absenkinkel nehmen die normalen Nebenkeulen des Richtdiagramms unverhältnismäßig stark zu, was ebenfalls zu Störungen für Nachbarzellen im Mobilfunk führt und Leistungsverlust bewirkt.
- d) Frequenzabhängigkeit des Absenkinkels aufgrund der Frequenzabhängigkeit der Phasenverschiebungen, welche nur für die Betriebsfrequenz optimal sind.

Um diese Nachteile gering zu halten, ist es notwendig, große Gruppenantennen mit geringen Abständen zwischen den Elementen der Gruppe zu verwenden, wie sie z. B. von Yoshihide Yamada und Makoto Kijima in *Low Sidelobe and Tilted Beam Base-Station Antennas for Smaller-Cell Systems, IEEE Antennas and Propagation Society, AP-S (1989)*, p. 138–141 beschrieben sind.

ad 2) Bei rein mechanischer Schwenkung der Gesamtanordnung, wie es derzeitig Stand der Technik bei Sektorantennen für den Mobilfunk ist (siehe z. B. die Druckschriften der Firmen Kathrein, Dapa und Celwave), wird die Bezugsebene für die Gruppencharakteristik verändert, was in derselben Form wie bei der elektrischen Absenkung zu einer Änderung der Phasen der Speiseströme gegenüber der ursprünglichen vertikalen Bezugsebene und damit zur Absenkung des sonst unveränderten Richtdiagramms führt. Da nur die Antennenachse verändert wird, bleibt die Form des Richtdiagramms erhalten, nur "blickt" das Strahlungsmaximum in eine andere Raumrichtung. Diese Form der Absenkung ist im Gegensatz zur elektrischen Absenkung frequenzunabhängig.

Die Nachteile der mechanischen Absenkung liegen im wesentlichen in

- a) Veränderung der Zellgröße (horizontale Verbreiterung der Flächendeckung der Antenne) mit zunehmendem Absenkinkel

- b) Wesentliche Erhöhung der Abstrahlung in Nachbarzellen (Störemission)
c) Geringe Flexibilität und schwierige Durchführung der Absenkung vor Ort aufgrund der Montagehöhe solcher Antennenanordnungen
d) Verschlechterte Eigenschaften bezüglich der Windlast
- 5 e) Eindruck in der Allgemeinheit, daß solche Antennen - weil scheinbar "schlecht montiert" - herunterfallen könnten
- ad 3) Kombinierte Verfahren bestehen in der Anwendung beider Prinzipien, wobei die elektrische Absenkung im allgemeinen nicht vor Ort durchgeführt werden kann, sondern bereits bei der Fertigung der Antenne voreingestellt werden muß (siehe z. B. die Druckschriften der Firmen *Kathrein*, *Dapa* und *Celwave*).
- 10 Daß mechanische und elektrische Eigenschaften von Gruppenantennen allgemein miteinander in Beziehung stehen, ist ebenfalls bekannt. In der US-Patentschrift Nr. 4 578 680 (Haupt, 12 Seiten) werden beispielsweise stochastisch auftretende mechanische Fertigungsfehler auf elektrische Weise kompensiert.
- 15 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die Absenkung des vertikalen Richtdiagramms einer Antennengruppe so durchzuführen, daß die Vorteile der elektrischen (Flexibilität bei der Absenkung) und mechanischen Absenkung (Frequenzunabhängigkeit) kombiniert, deren Nachteile jedoch eliminiert werden.
- 20 Dies wird dadurch erreicht, daß die Absenkung des vertikalen Richtdiagramms sowohl durch Schrägstellung der Einzelemente bezüglich der Gruppenachse um einen für alle Elemente gleichen Winkel θ_v - (Veränderung der Richtcharakteristik des Einzelements) bei unveränderter Lage der Gruppenachse erfolgt als auch durch Veränderung der Phasenverschiebung der Anspeiseströme (Änderung der Gruppencharakteristik).
- 25 Das vorgeschlagene Verfahren basiert also im wesentlichen auf einer Kombination zweier Schritte zur Absenkung des Richtdiagramms:
- 1) Schrägstellung der Einzelemente (Veränderung von $f(\theta, \phi)$) und damit Elimination der Nachteile bei rein elektrischer Absenkung des Richtdiagramms.
- 2) Veränderung der Phasenverschiebung der Speiseströme und damit verbunden eine Absenkung des vertikalen Richtdiagramms (Beeinflussung von $F(\theta, \phi)$).
- 30 Dabei ist es nicht notwendig, daß für jeden Absenkinkel die Einzelemente verändert werden, sondern es kann für bestimmte Bereiche ein bestimmter Schrägstellwinkel der Einzelemente festgelegt werden, um Nebenkeulen und "Grating Lobes" zu eliminieren. Vorzugsweise ist dieser voreingestellte Schrägstellwinkel gleich der oberen Grenze des gewünschten Absenkbereichs.
- 35 Durch individuelle Schrägstellung der Einzelemente sind auch nachträglich noch Feinkorrekturen eines eingestellten Richtdiagramms möglich.
- Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich für jede Art von phasengesteuerten Gruppenantennen. Wie 35 Simulationen zeigten, ist dieses Verfahren insbesonders für relativ kleine Antennen (wenige Elemente) vorteilhaft, welche erstmals aufgrund dieser Modifikation auch für Mobilfunkzwecke eingesetzt werden können. Durch das Schrägstellen der Einzelemente werden störende Nebenkeulen eliminiert und der Gewinn in Hauptstrahlrichtung solcher Anordnungen um bis zu 2 dB erhöht.
- 40 Durch das erfundene Verfahren gelingt es also, die nutzbare Bandbreite deutlich zu erhöhen.
- 45 Dieser Vorteil hat in der Mobilkommunikation deswegen so große Bedeutung, weil dadurch die Verwendung ein und derselben Antennenelemente für Senden und Empfangen möglich wird. Nach dem Stand der Technik ist das heute nicht der Fall (siehe z.B. die Druckschrift der Firma *Kathrein* über GSM-Antennen).
- Ein weitere wesentliche Verbesserung bringt eine Anwendung dieses Verfahrens auf Antennen mit großen Gewinnen, welche nun bei unveränderten Gewinnen mit einer kleineren Anzahl von Einzelementen ausgestattet werden können, da "Grating Lobes", welche bei Absenkung der vertikalen Richtcharakteristik aufgrund der großen Abständen zwischen den Einzelementen sehr rasch und massiv auftreten, durch das Schrägstellen der Einzelemente eliminiert werden.
- 50 Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:
- Figur 1 die Grundanordnung
Figur 2 eine rein elektrische Absenkung des Richtdiagramms
Figur 3 das Prinzip der mechanische Absenkung des Richtdiagramms
Figur 4 zeigt die charakteristischen Formen der Richtdiagramme bei mechanischer Absenkung
Figur 5 eine Prinzipskizze des neuartigen Verfahrens
55 Figur 6 eine Gegenüberstellung des herkömmlichen Verfahrens der elektrischen Absenkung und des erfundenen Verfahrens
Figur 7 eine Gegenüberstellung des herkömmlichen Verfahrens der mechanischen Absenkung und des erfundenen Verfahrens

Allgemein gilt für die dargestellten Richtdiagramme:

-) Die Richtdiagramme gelten für eine Frequenz von 900 MHz. Die Skalierung auf andere Frequenzen ist trivial und kann vom Fachmann leicht bewerkstelligt werden.
-) Eine dargestellte Einheit bei der Skalierung entspricht 10 dB.
- 5 -) Die Referenzlinie (äußerster Kreis) liegt bei 20 dB Gewinn über dem Isotropstrahler.

Figur 1a zeigt eine phasengesteuerte Gruppenantenne bestehend aus 5 Elementen (10, 11, 12, 13, 14), den Phasenschiebern 20, 21, 22, 23 sowie 25, 26, 27, 28 und dem Leistungsteiler 30. Die Phasenschieber 20, 21, 22, 23 dienen zur Grundeinstellung des gewünschten Richtdiagramms, während die Phasenschieber 25, 26, 27, 28 zur Aufprägung von Phasenverschiebungen zur Absenkung des Richtdiagramms vorgesehen sind.

10 In Figur 1b sind die entsprechenden Richtdiagramme dargestellt. Sie zeigen zwei Schnitte durch die Richtcharakteristik der Anordnung, man erkennt im Vertikaldiagramm die aufgefüllten Nullstellen zwischen $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ und die unterdrückten Nebenkeulen zwischen $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$.

15 Figur 2 zeigt ein um 26° abgesenktes Richtdiagramm der Anordnung aus Figur 1, wobei die Differenz der Phasenverschiebung zweier Einzelemente (konsekutive Phasenverschiebung) konstant ist.

In den Diagrammen erkennt man die wesentlich größeren Nebenkeulen und den damit verbundenen Leistungsverlust sowie die ungünstige Veränderung der Form der Hauptkeule gegenüber Figur 1b.

20 Figur 3 zeigt eine Prinzipskizze der mechanischen Absenkung. Man erkennt, daß die gesamte Antennenstruktur 1 gegenüber der vertikalen Achse um den gewünschten Absenkinkel des Richtdiagramms θ_T verdreht ist, womit die Absenkung erzielt wird.

25 Figur 4a zeigt die Richtdiagramme bei mechanischer Absenkung.

Figur 4b zeigt anhand der Gegenüberstellung der horizontalen Richtdiagramme für elektrische (10) und mechanische Absenkung (20) den großen Nachteil mechanischer Schwenkungen der Gesamtanordnung, welche eine wesentliche Verbreiterung des horizontalen Richtdiagramms und damit

- 25 a) eine veränderte Zellgröße sowie
- b) erhöhte Störungsaussendungen in Nachbarzellen bewirken.

30 Figur 5 zeigt eine Prinzipskizze des erfundenen Verfahrens. Man erkennt die Schrägstellung der Einzelemente 10, 11, 12, 13, 14 gegenüber der Gruppenachse um den Winkel θ_V (Vorabsenkung), die weitere Absenkung des Richtdiagramms erfolgt durch konsekutive Phasenverschiebung der Speiseströme. Ein Vorteil ist, daß die Antenne nun im wesentlichen vertikal montiert werden kann. Sie kann also viel einfacher und wesentlich stabiler an Masten und Gebäuden montiert werden und erweckt auch nicht den Eindruck, daß sie herabfallen könnte.

35 Aus Figur 6 erkennt man den wesentlichen Vorteil einer Vorabsenkung gegenüber einem rein elektrisch abgesenkten Richtdiagramm (strichliert dargestellt). Man erkennt, daß die Nebenkeulen bei diesem Beispiel um 10 dB unterdrückt werden und die ursprüngliche Form des Richtdiagramms wiederhergestellt wird.

40 Figur 7 zeigt den Unterschied zwischen rein mechanischer Absenkung (7a) und dem erfundenen Verfahren (7b). Man erkennt, daß bei gleichem Absenkinkel die Zellverbreiterung und damit die Störmissionen in Nachbarzellen beim erfundenen Verfahren wesentlich gegenüber den Werten bei rein mechanischer Absenkung verringert werden konnte.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Absenkung des vertikalen Richtdiagramms einer Sende- und/oder Empfangsantenne, bestehend aus einer phasengesteuerten Gruppenantenne versehen mit einer Schaltung zur Formung der Richtcharakteristik, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung des vertikalen Richtdiagramms sowohl durch Schrägstellung der Einzelemente bezüglich der Gruppenachse um einen für alle Elemente gleichen Winkel θ_V (Veränderung der Richtcharakteristik des Einzelements) bei unveränderter Lage der Gruppenachse erfolgt als auch durch Veränderung der Phasenverschiebung der Anspeiseströme (Änderung der Gruppencharakteristik).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelemente einen von Null verschiedenen Winkel mit der Gruppenachse einschließen
- 55 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine fixe Schrägstellung der Einzelemente um θ_V für den Betrieb der Antenne in einem vorbestimmten Winkelbereich erfolgt, vorzugsweise ist θ_V gleich der oberen Grenze des gewünschten Absenkbereichs.

AT 405 348 B

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Winkel, den die Einzelelemente mit der Gruppenachse einschließen, und die Phasen der Speiseströme gleichzeitig verändert werden, um die Nebenkeulenunterdrückung und die Richtwirkung der Antenne für jeden Absenkinkel zu optimieren.
5
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schrägstellung der Einzelelemente bezüglich der Gruppenachse für einzelne Elemente, bei unveränderter Lage der Gruppenachse, verschieden vom Winkel θ_V , erfolgt, um Feinkorrekturen am Richtdiagramm vorzunehmen.
- 10 6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich zur Schrägstellung der Einzelelemente um im wesentlichen den Winkel θ_V noch die gesamte Gruppenachse um einen bestimmten Winkel θ_T zur Vertikalen gekippt wird.

Hiezu 7 Blatt Zeichnungen

15

20

25

30

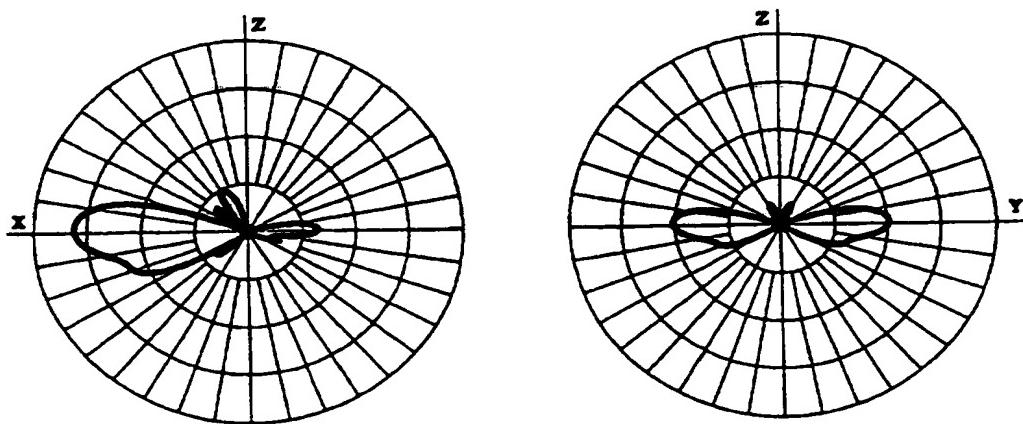
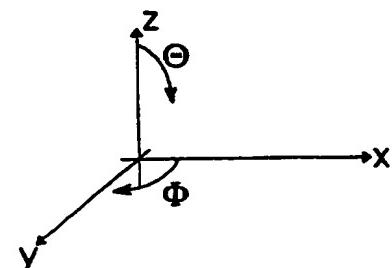
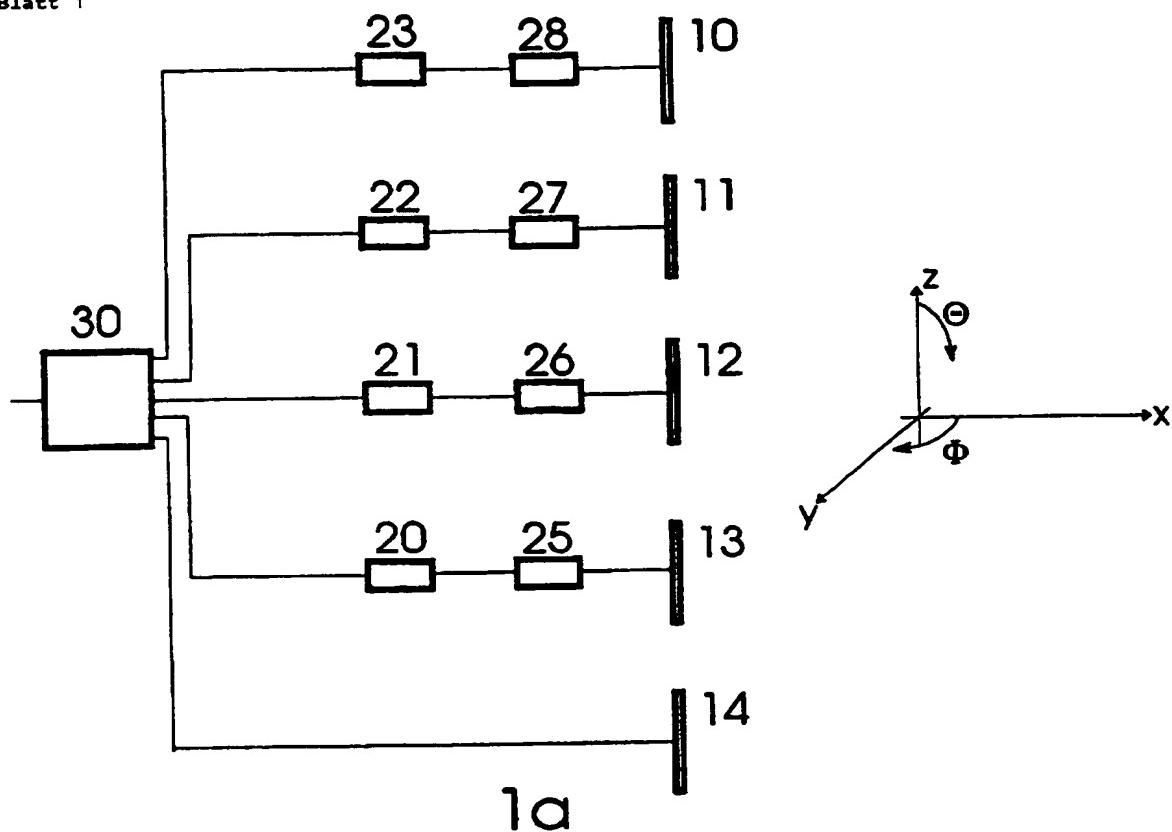
35

40

45

50

55

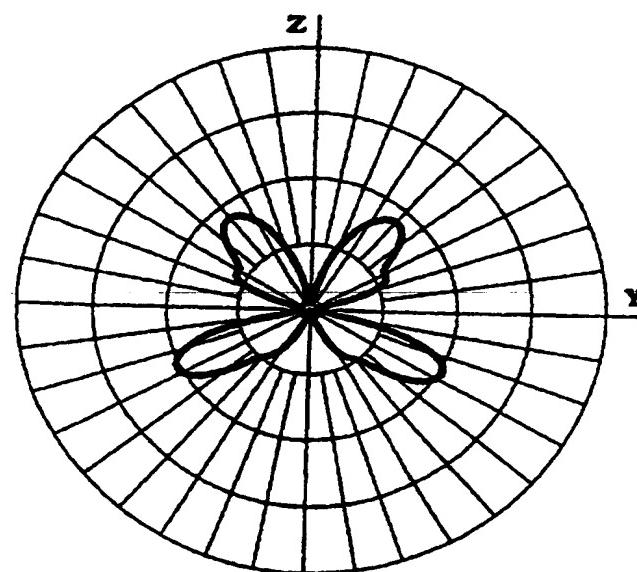
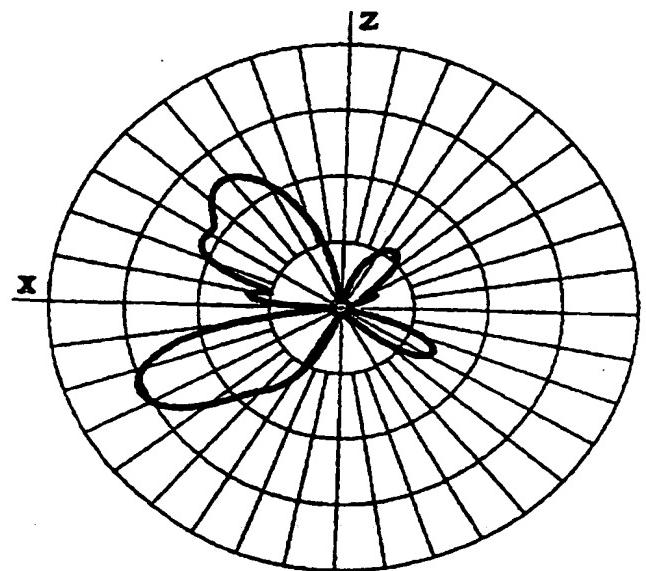


1b

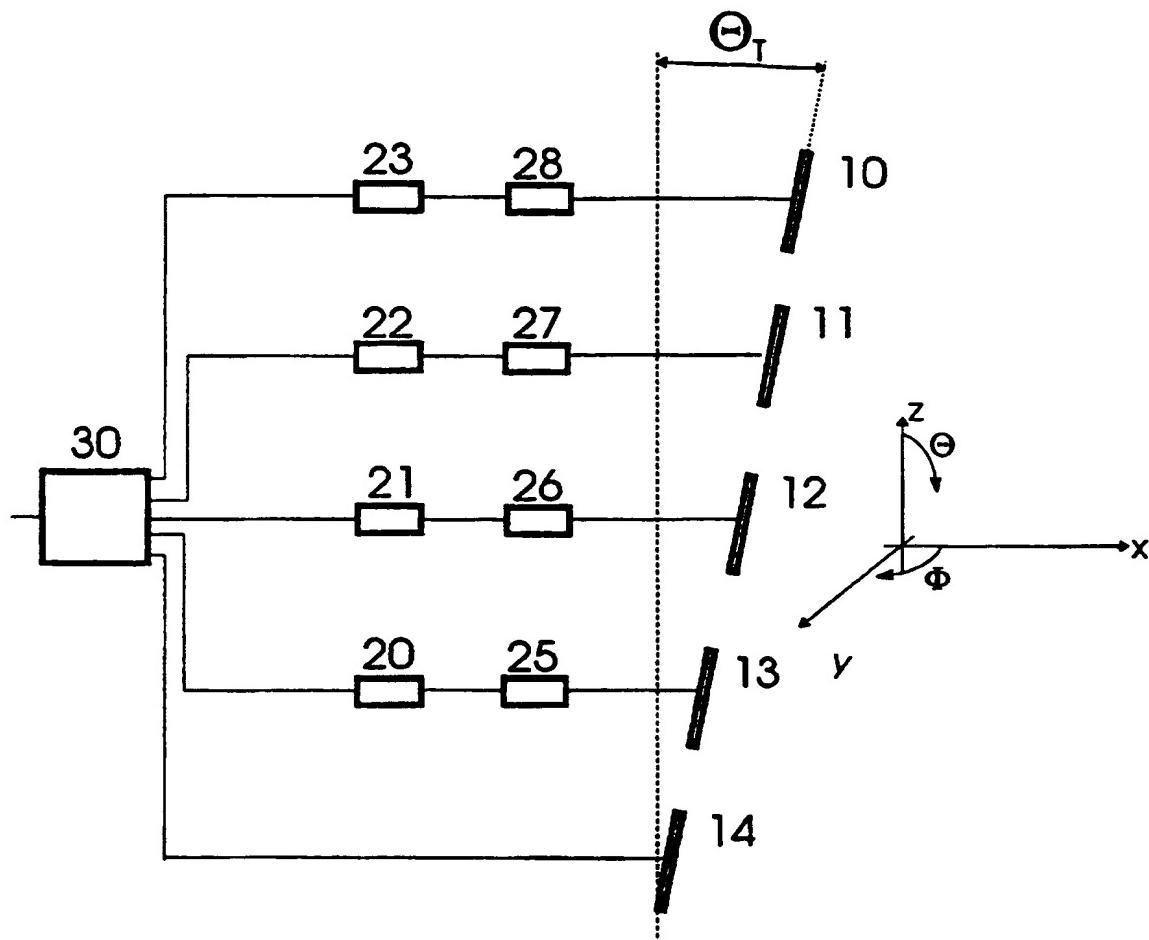
Figur 1

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 26. 7.1999
Blatt 2

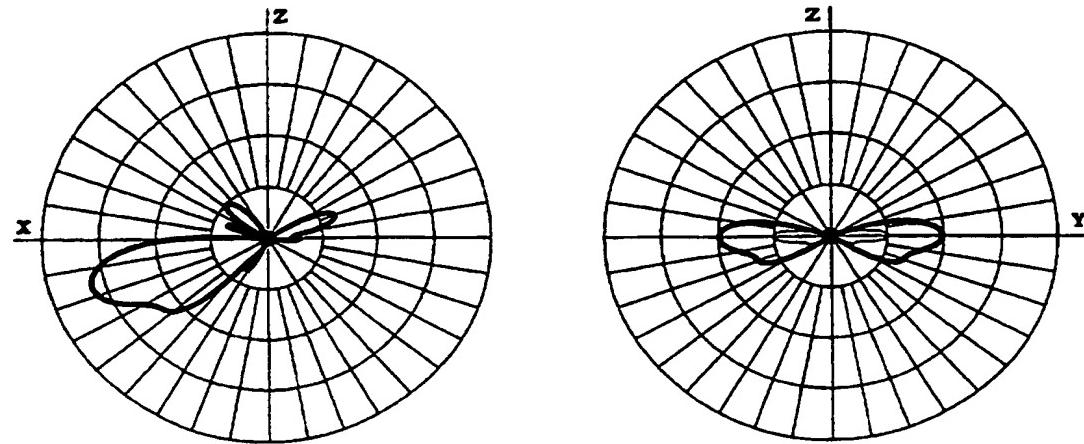
Patentschrift Nr. AT 465 348 B
Int. Cl. : H01Q 3/36



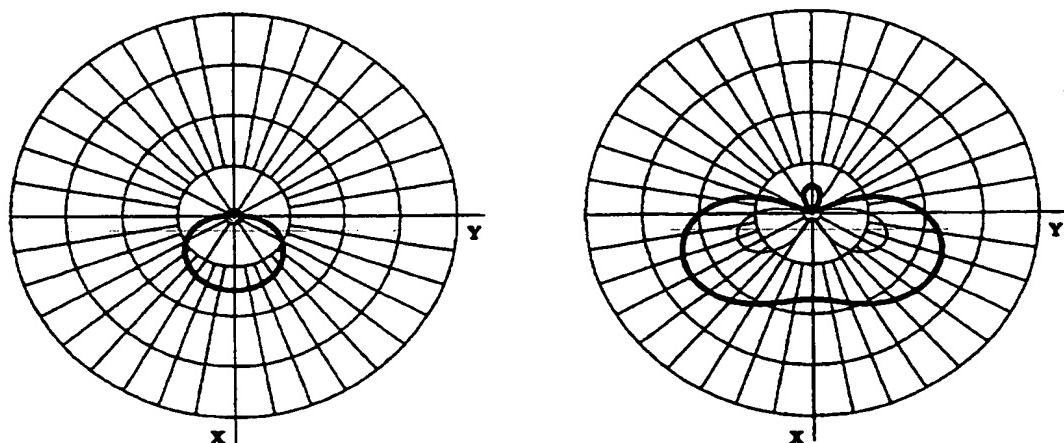
Figur 2



Figur 3



4a

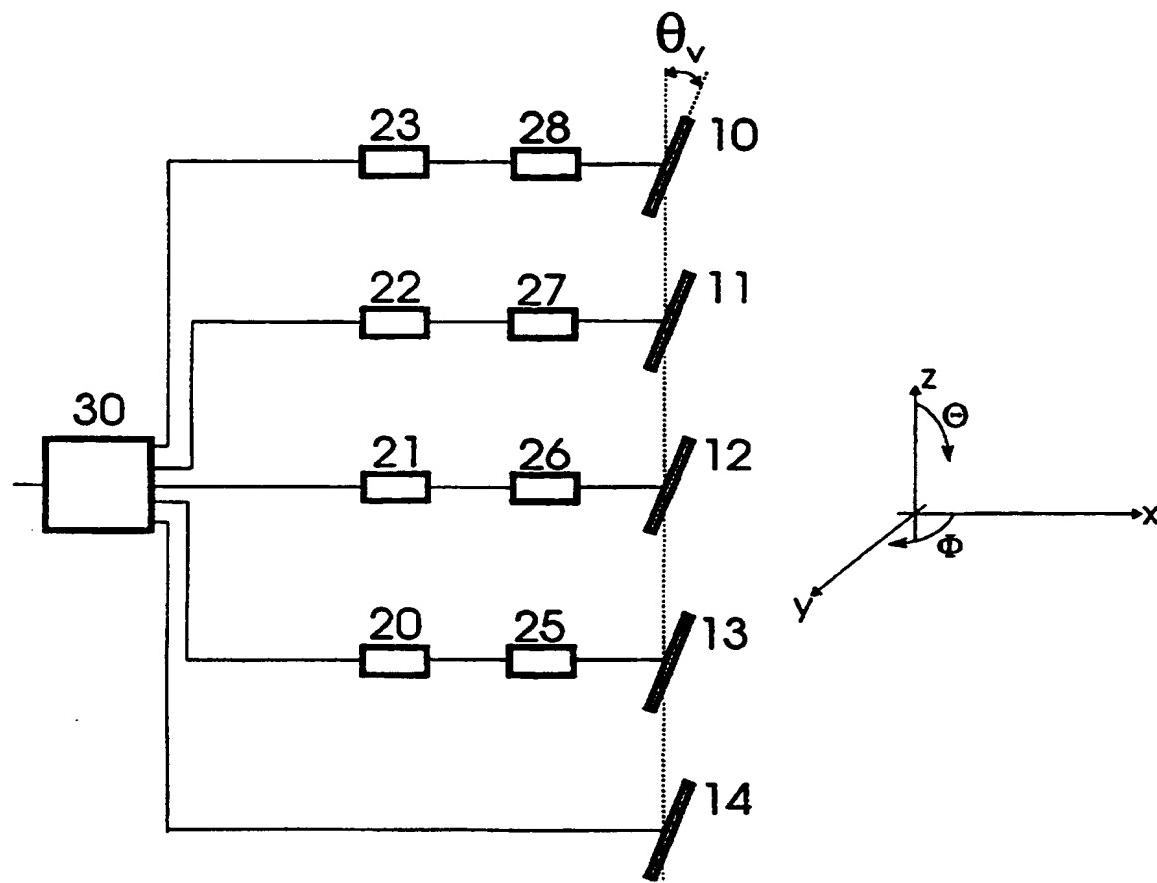


10

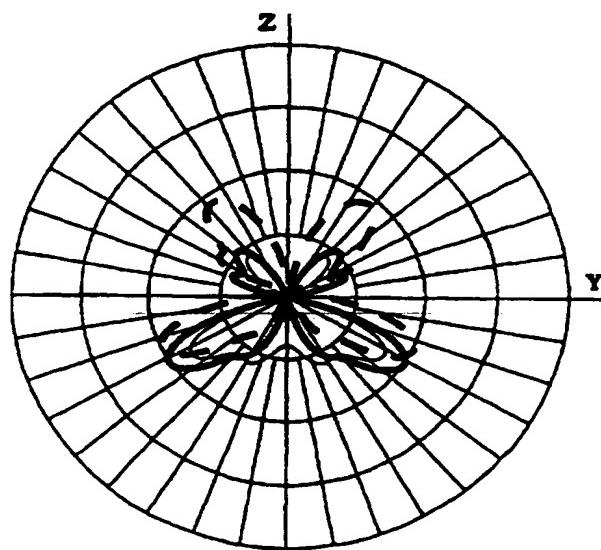
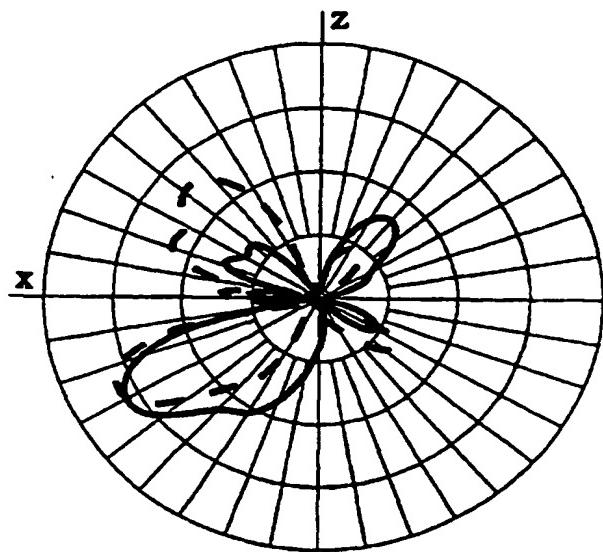
4b

20

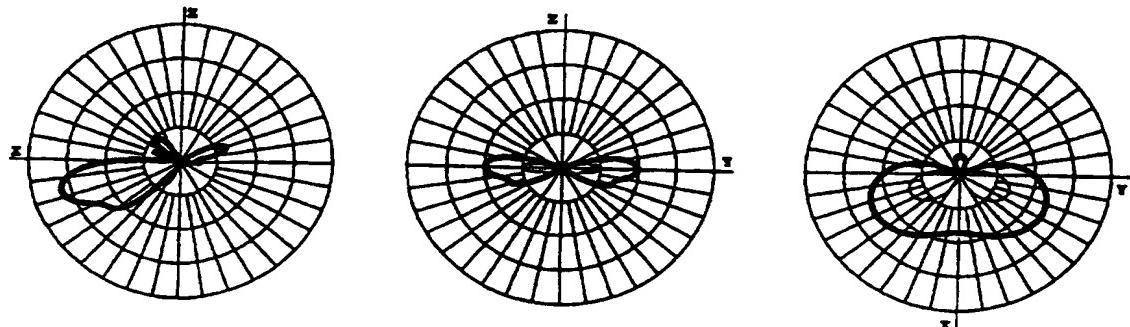
Figur 4



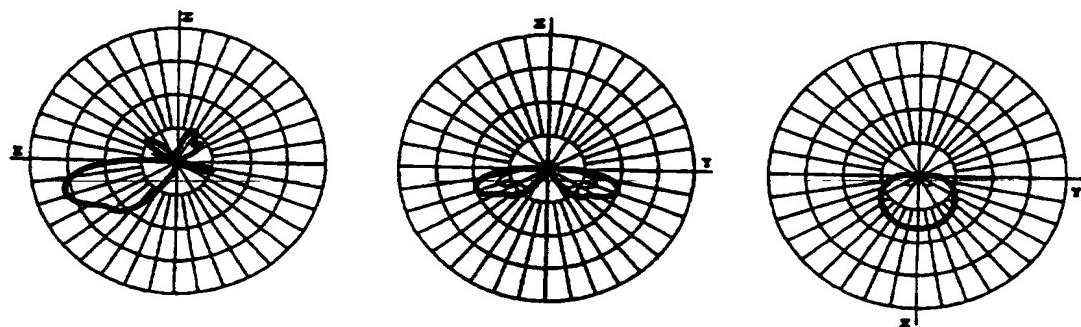
Figur 5



Figur 6



7a



7b

Figur 7